

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11074889 A**

(43) Date of publication of application: **16 . 03 . 99**

(51) Int. Cl.

H04L 12/28
H04L 12/40
H04L 12/42

(21) Application number: **09231940**

(22) Date of filing: **28 . 08 . 97**

(71) Applicant: **MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD**

(72) Inventor: **FURUZONO TAKANORI**

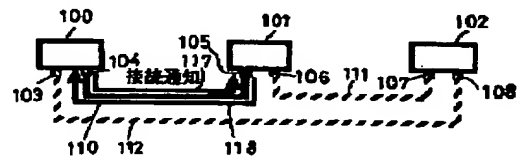
(54) **TOPOLOGY CORRECTION SYSTEM**

COPYRIGHT: (C)1999, JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To automatically resume communication by temporarily logically invalidating connection in a loop when communication is made invalid owing to loop arrangement, and connecting communication nodes again so that any loop can not be generated.

SOLUTION: It is detected that communication nodes 100, 101, and 102 are loop arranged, and the connection of each transmission path 110, 111, and 112 is logically made invalid. For example, when the communication node 100 transmits connection information 115 from a port 104, and then the node 101 transmits connection information 118 from a port 105 based on a sequence and time difference decided in a random number or the like, the adjacent communication nodes 100 and 101 transmit communication information 117 and 118 through the same transmission path 110, and a node group capable of communication is formed. Moreover, when the communication nodes 101 and 102 successively transmit connection information from ports 106 and 107 according to a rule that connection information to be transmitted from one node group should be limited to one, a node group in daisy chain arrangement is formed.



(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 4 L 12/28
12/40
12/42

H 0 4 L 11/00

3 1 0 A
3 2 0
3 3 0

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平9-231940

(22) 出願日 平成9年(1997) 8月28日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社
大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 古園 貴則

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

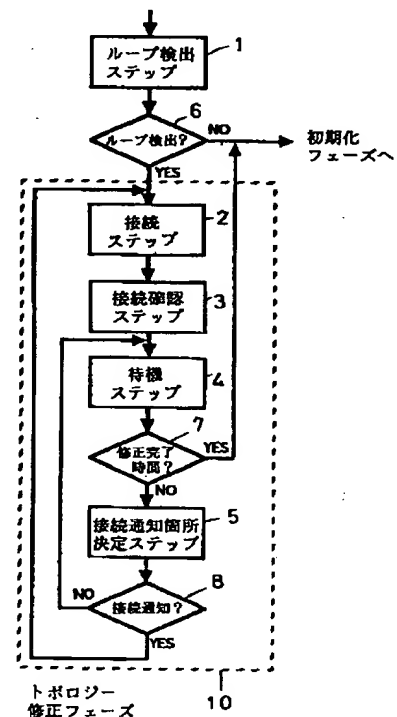
(74) 代理人 弁理士 宮井 暎夫

(54) 【発明の名称】 トポロジー修正方式

(57) 【要約】

【課題】 IEEE1394の規定などの各通信ノードをループ配置したままでは、通信不能となるバスで、誤ってループ配置した場合に、ハードウェアによる処理のみで通信を可能とするトポロジー修正方式を提供する。

【解決手段】 ループ検出ステップ1で通信ノードがループに含まれると判断したら、各ノード間の論理的な接続をいったん無効にする。接続ステップ2で物理的に接続され、ループを構成する隣接通信ノードに接続通知を送信し、隣接通信ノードからも接続通知を受信したら、論理的にループを形成せずに接続可能と判断される。接続可能と判断された通信ノード同士が同一のツリーまたはディジーチェーンの構造を持つノードグループを形成する。ノードグループが構成要素の通信ノードを増やしていくことにより、バス全体が一つのノードグループとなり、バスをツリーまたはディジーチェーンとして認識し、通信可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の通信ノードと前記通信ノード間を接続する伝送路により構成されるバスにおいて、前記通信ノードが前記伝送路によってループを含む配置で接続された場合、各前記通信ノードはループ検出ステップでループに含まれるかを判定し、ループを構成する前記通信ノードであるループ内通信ノードは、いったん前記伝送路の接続を論理的に無効にし、接続ステップで、前記伝送路によって接続された前記通信ノードのうち、ループを構成しているものである隣接通信ノードに対して接続通知を送信し、かつ論理的にループを形成せずに前記隣接通信ノードと接続可能かを判定し、接続可能と判定された箇所では論理的な接続を有効とすることを特徴とするトポロジー修正方式。

【請求項 2】 接続ステップで、ループ内通信ノードが接続通知を送信している伝送路で、隣接通信ノードも前記接続通知を送信している場合に、論理的にループを形成せずに前記隣接通信ノードと接続可能であると判定することを特徴とする請求項 1 記載のトポロジー修正方式。

【請求項 3】 接続ステップで、ループ内通信ノードが論理的にループを形成せずに新たに隣接通信ノードと接続可能と判定した場合、既に前記ループ内通信ノードが形成している、接続可能な前記通信ノード同士で構成されるノードグループと、新たに接続可能と判定した前記隣接通信ノードが形成している前記ノードグループとが、新たに同一の前記ノードグループを形成し、1つの前記ノードグループからは最大 1 ポートで接続通知を送信することを特徴とする請求項 1 記載のトポロジー修正方式。

【請求項 4】 接続通知箇所決定ステップで、ループ内通信ノードが、隣接通信ノードとまだ接続可能でないポートが 1 箇所以上ある場合、接続通知を行う通信ノードとなることを要求する接続要求を行い、前記接続要求の送信後、接続通知可能と判断したら、接続ステップに移移することを特徴とする請求項 1 記載のトポロジー修正方式。

【請求項 5】 接続通知箇所決定ステップで、ループ内通信ノードが接続要求を送信しないうちに前記接続要求を受信した場合、前記接続要求を受信した以外のループを構成するポートで前記接続要求を送信することを特徴とする請求項 4 記載のトポロジー修正方式。

【請求項 6】 接続通知箇所決定ステップで、ループ内通信ノードが接続要求を送信した全てのポートで接続許可を受信した場合、前記接続要求を送信するよりも先に前記隣接通信ノードからの前記接続要求を受信していなければ、接続通知可能と判断して、接続ステップに移移し、受信していれば、前記接続要求を受信したポートで前記接続許可を送信することを特徴とする請求項 4 記載のトポロジー修正方式。

【請求項 7】 接続通知箇所決定ステップで、接続要求を受信したポートが 1 つで、かつそれ以外にループを構成するポートがない場合、前記接続要求を受信したポートで接続許可を送信することを特徴とする請求項 4 記載のトポロジー修正方式。

【請求項 8】 接続通知箇所決定ステップで、複数の接続要求を同時に受信したと判断した場合に、前記接続要求を受信したポートで前記接続要求を送信することを特徴とする請求項 4 記載のトポロジー修正方式。

10 【請求項 9】 接続通知箇所決定ステップで、接続要求を送信したポートで前記接続要求の競合が観測された場合、前記接続要求の送信を自ら開始したループ内通信ノードが、乱数発生手段によって与えられる乱数に基づいて選択された待機時間、前記接続要求を送信したポートでの送信を停止することを特徴とする請求項 4 記載のトポロジー修正方式。

20 【請求項 10】 接続通知箇所決定ステップで、乱数発生手段によって与えられる乱数に基づいて選択される待機時間同士の差が、バスの最長経路に対応する長さの伝送路で信号を往復させるのに必要な時間以上であることを特徴とする請求項 9 記載のトポロジー修正方式。

【請求項 11】 接続通知箇所決定ステップで、ノードグループ内で、局所的ルートノードを決定し、前記局所的ルートノードに対して接続要求を行い、前記局所的ルートノードが接続許可の送信を開始することを特徴とする請求項 1 記載のトポロジー修正方式。

30 【請求項 12】 接続通知箇所決定ステップで、接続通知可能になった場合、接続通知を行うポートを、ループを構成するポートで、まだ接続可能な状態にないポートから、乱数発生手段によって与えられる乱数に基づいて選択することを特徴とする請求項 4 記載のトポロジー修正方式。

【請求項 13】 待機ステップでの待機時間を、乱数発生手段によって与えられる乱数に基づいて複数の時間の中から決定することを特徴とする請求項 1 記載のトポロジー修正方式。

40 【請求項 14】 接続ステップの直後に、接続確認ステップを有し、前記接続確認ステップで隣接通信ノードと接続可能であるかの判定を行い、直前の前記接続ステップで前記隣接通信ノードと接続可能と判定された場合には、前記隣接通信ノードが自らと接続可能と判断させる接続確認を送信することを特徴とする請求項 1 記載のトポロジー修正方式。

【請求項 15】 ループ検出ステップでループが検出されてから、トポロジー修正に必要な時間が経過していたら、トポロジー修正の処理を終了することを特徴とする請求項 1 記載のトポロジー修正方式。

【発明の詳細な説明】

【0001】

50 【発明の属する技術分野】 本発明は、高速シリアルバス

規格IEEE1394のように、通信ノードをループ配置した場合に通信不能となるインターフェースにおいて、ループ配置されて通信不能となった状態から通信を再開するためのトポロジーの修正を行うトポロジー修正方式に関するものである。

【0002】

【従来の技術】一般に、バス上で通信ノードをループ配置すると、データ転送の際、経路の異なるデータの衝突が起きる危険性がある。IEEE802.3で規定された10BASE-Tのように、ループ（スター）配置をとるネットワークでは、スイッチがデータの転送される経路を判断して、衝突の起らないように、ポート接続を管理して、データ転送の効率を高めている。また、LAN間接続などでは、IEEE802.1で規定されているスパンニングツリアルゴリズムにより、論理的なツリー構造を持つループフリーな配置が採られている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】以上のような技術は、アドレス割り付けや、データ転送経路の管理、トポロジーの管理を行うホストやスイッチが必要であり、全ての通信ノードが対等で、ホストなしでも通信を行わなくてはならないIEEE1394などで規定されているインターフェースには適用できない。しかし、IEEE1394の規定では、利用可能な通信ノード数が最大63、ポート数が1通信ノードにつき16までと多く、ユーザーが誤って通信ノードをループ配置してしまう可能性が高く、こうした場合に通信不能になる問題がある。

【0004】また、IEEE1394の規定では、こうした場合、どの通信ノードの配置が原因で通信不能なのかといった情報をバスから得ることができず、ユーザーが直接配線を調べて接続を変更する必要がある。したがって、本発明の目的は、ループ配置されて通信が不能な状態から自動的に通信を再開することができるトポロジー修正方式を提供することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、ループ配置されて通信が不能な状態となったときに、いったんループ内の接続を論理的に無効にし、各ループ内通信ノード同士をループにならないように再度接続していくことで過不足なく接続箇所を求められることに着目し、物理的にはループ配置されたバスを論理的にツリーまたはディジーチェーンとして認識可能として、自動的に通信を再開させるものである。

【0006】以下、請求項毎に説明する。請求項1記載のトポロジー修正方式は、複数の通信ノードと通信ノード間を接続する伝送路により構成されるバスにおいて、通信ノードが伝送路によってループを含む配置で接続された場合、各通信ノードはループ検出ステップでループに含まれるかを判定し、ループを構成する通信ノードであるループ内通信ノードは、いったん伝送路の接続を論

理的に無効にし、接続ステップで、伝送路によって接続された通信ノードのうち、ループを構成しているものである隣接通信ノードに対して接続通知を送信し、かつ論理的にループを形成せずに隣接通信ノードと接続可能かを判定し、接続可能と判定された箇所でも論理的な接続を有効とすることを特徴とする。

【0007】請求項1記載の方式では、ループ検出ステップで通信ノードがループを構成していると判定されたら、いったん伝送路による通信ノード間の接続を論理的に無効にし、接続ステップで、ループを構成する隣接通信ノードと論理的にループを形成せずに接続可能かを判定し、接続可能と判定された伝送路での接続のみ有効とすることで、物理的にはループ配置を含むバスを、ツリーまたはディジーチェーンとして認識し通信を行えるようにする。

【0008】請求項2記載のトポロジー修正方式は、請求項1記載のトポロジー修正方式において、接続ステップで、ループ内通信ノードが接続通知を送信している伝送路で、隣接通信ノードも接続通知を送信している場合に、論理的にループを形成せずに隣接通信ノードと接続可能であると判定することを特徴とする。請求項2記載の方式では、接続ステップで隣接通信ノードと接続可能かを、同一の伝送路上で両端の通信ノードが双方とも接続通知を行っていることにより判断することで、伝送路でやりとりされる情報を少なくする。

【0009】請求項3記載のトポロジー修正方式は、請求項1記載のトポロジー修正方式において、接続ステップで、ループ内通信ノードが論理的にループを形成せずに新たに隣接通信ノードと接続可能と判定した場合、既にループ内通信ノードが形成している、接続可能な通信ノード同士で構成されるノードグループと、新たに接続可能と判定した隣接通信ノードが形成しているノードグループとが、新たに同一のノードグループを形成し、1つのノードグループからは最大1ポートで接続通知を送信することを特徴とする。

【0010】請求項3記載の方式では、接続可能と判断された通信ノード同士が同一のノードグループに属し、1つのノードグループからは1ポートからしか接続通知を行わないことで、離れたノードと情報をやりとりすることなく、トポロジーが再構成される過程でループが形成されるのを防ぐ。請求項4記載のトポロジー修正方式は、請求項1記載のトポロジー修正方式において、接続通知箇所決定ステップで、ループ内通信ノードが、隣接通信ノードとまだ接続可能でないポートが1箇所以上ある場合、接続通知を行う通信ノードとなることを要求する接続要求を行い、接続要求の送信後、接続通知可能と判断したら、接続ステップに移移することを特徴とする。

【0011】請求項4記載の方式では、接続通知箇所決定ステップで、まだ隣接通信ノードと接続可能でないル

10

20

30

40

50

ープを形成するポートを持つループ内ノードが接続要求を送信することにより、短時間でノードグループ内で接続通知を行うノードの候補を決める。請求項5記載のトポロジー修正方式は、請求項4記載のトポロジー修正方式において、接続通知箇所決定ステップで、ループ内通信ノードが接続要求を送信しないうちに接続要求を受信した場合、接続要求を受信した以外のループを構成するポートで接続要求を送信することを特徴とする。

【0012】請求項5記載の方式では、接続通知箇所決定ステップで、先に接続要求を行った通信ノードの要求を優先して、他の隣接通信ノードにリピートすることにより、情報の多くのせられない伝送路上で、高速に要求の伝搬、調停を行う。請求項6記載のトポロジー修正方式は、請求項4記載のトポロジー修正方式において、接続通知箇所決定ステップで、ループ内通信ノードが接続要求を送信した全てのポートで接続許可を受信した場合、接続要求を送信するよりも先に隣接通信ノードからの接続要求を受信していなければ、接続通知可能と判断して、接続ステップに移移し、受信していれば、接続要求を受信したポートで接続許可を送信することを特徴とする。

【0013】請求項6記載の方式では、接続通知箇所決定ステップで、接続要求をリピートした方向の通信ノード全ての接続許可を得て、接続通知を行うことで、ルートなどを決めずに接続通知を行うノードを決定する。請求項7記載のトポロジー修正方式は、請求項4記載のトポロジー修正方式において、接続通知箇所決定ステップで、接続要求を受信したポートが1つで、かつそれ以外にループを構成するポートがない場合、接続要求を受信したポートで接続許可を送信することを特徴とする。

【0014】請求項7記載の方式では、接続通知箇所決定ステップで、接続要求をリピートする先のない通信ノードから接続許可を開始することで、ルートなどを決めずに接続通知を行うノードを決定する。請求項8記載のトポロジー修正方式は、請求項4記載のトポロジー修正方式において、接続通知箇所決定ステップで、複数の接続要求を同時に受信したと判断した場合に、接続要求を受信したポートで接続要求を送信することを特徴とする。

【0015】請求項8記載の方式では、接続通知箇所決定ステップで、同時に接続要求をしてきた通信ノードに対して、接続要求を送信して、要求の競合状態を作り出すことにより、要求を再試行させる。請求項9記載のトポロジー修正方式は、請求項4記載のトポロジー修正方式において、接続通知箇所決定ステップで、接続要求を送信したポートで接続要求の競合が観測された場合、接続要求の送信を自ら開始したループ内通信ノードが、乱数発生手段によって与えられる乱数に基づいて選択された待機時間、接続要求を送信したポートでの送信を停止することを特徴とする。

【0016】請求項9記載の方式では、接続通知箇所決定ステップで、乱数発生手段により、接続要求の競合の観測から、接続要求再開までの待機時間をランダムに決定することで、接続要求の調停結果の規則性をなくす。請求項10記載のトポロジー修正方式は、請求項9記載のトポロジー修正方式において、接続通知箇所決定ステップで、乱数発生手段によって与えられる乱数に基づいて選択される待機時間同士の差が、パスの最長経路に対応する長さの伝送路で信号を往復させるのに必要な時間以上であることを特徴とする。

【0017】請求項10記載の方式では、接続通知箇所決定ステップで、選択される接続要求の競合の観測から、接続要求再開までの待機時間の差が、パス上で最も離れた通信ノード間で信号を往復してリピートさせるのに十分な時間であることにより、待機時間の選択結果が異なる場合に、確実に競合の勝敗が決定される。請求項11記載のトポロジー修正方式は、請求項1記載のトポロジー修正方式において、接続通知箇所決定ステップで、ノードグループ内で、局所的ルートノードを決定し、局所的ルートノードに対して接続要求を行い、局所的ルートノードが接続許可の送信を開始することを特徴とする。

【0018】請求項11記載の方式では、接続通知箇所決定ステップで、ノードグループ内での局所的なルートノードを決定することにより、多数の通信ノードからの接続要求の調停を高速に行う。請求項12記載のトポロジー修正方式は、請求項4記載のトポロジー修正方式において、接続通知箇所決定ステップで、接続通知可能になった場合、接続通知を行うポートを、ループを構成するポートで、まだ接続可能な状態にないポートから、乱数発生手段によって与えられる乱数に基づいて選択することを特徴とする。

【0019】請求項12記載の方式では、接続ステップで、接続通知を送信するポートを、まだ接続可能な隣接通信ノードのないループを構成するポートのなかから、乱数発生手段を用いてランダムに決定することにより、接続通知ポートとして選ばれるポートの規則性をなくす。請求項13記載のトポロジー修正方式は、請求項1記載のトポロジー修正方式において、待機ステップでの待機時間を、乱数発生手段によって与えられる乱数に基づいて複数の時間の中から決定することを特徴とする。

【0020】請求項13記載の方式では、待機ステップで、待機する時間を乱数発生手段を用いてランダムに決定することにより、接続通知ノードとして選ばれるノードの規則性をなくす。請求項14記載のトポロジー修正方式は、請求項1記載のトポロジー修正方式において、接続ステップの直後に、接続確認ステップを有し、接続確認ステップで隣接通信ノードと接続可能であるかの判定を行い、直前の接続ステップで隣接通信ノードと接続可能と判定された場合には、隣接通信ノードが自らと接続

可能と判断させる接続確認を送信することを特徴とする。

【0021】請求項14記載の方式では、隣接通信ノードと接続可能と判定されたポートから接続確認を送信し、接続確認ステップでも隣接通信ノードと接続可能かを判定することにより、各通信ノード間のクロックの位相のずれによる、接続可能性の判断の食い違いをなくす。請求項15記載のトポロジー修正方式は、請求項1記載のトポロジー修正方式において、ループ検出ステップでループが検出されてから、トポロジー修正に必要な時間が経過していたら、トポロジー修正の処理を終了することを特徴とする。

【0022】請求項15記載の方式では、ループ検出時から一定時間経過後にトポロジー修正の処理を終了することにより、離れた通信ノード間で情報をやりとりすることなく処理を完了させる。

【0023】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態について図1から図13を用いて説明する。以下では、今回のトポロジー修正方式をIEEE1394の規定によるケーブル物理層で実現される場合を前提に、IEEE1394の制約を考慮して説明する。

【0024】まず、図2～図8の順で本発明のトポロジー修正方式によりトポロジーが再構築されていく過程を示す。図2は通信ノード100、101、102がループ配置された状態を示している。103～108はそれぞれポート、110～112は伝送路である。図3は各通信ノード100、101、102がループ配置されていることを検出し、ノード間を接続している各伝送路110、111、112についての接続を論理的に無効にした状態を示している。このようにいったん、ループ内の全ての接続を無効にしてしまうのは、IEEE1394の規定がホストを必要としない、全てのノードが対等なインターフェースであるため、部分的に無効な箇所を作って通信を行おうとすると、複数の通信ノードが同様な動作をして、他の通信ノードと切り離された孤立した通信ノードができてしまう可能性があるからである。

【0025】図4は通信ノード100と通信ノード101が、それぞれポート104、ポート106から接続通知115、116を送信している状態を示している。このように隣接する通信ノード同士が同一伝送路で接続通知を送信してはいない段階ではまだ、論理的に接続可能とは判断されない。図5は通信ノード100と通信ノード101のうち、通信ノード101が接続通知を送信するポートを変え、それぞれポート104、ポート105から接続通知117、118を送信している状態を示している。このように隣接する通信ノード同士が同一伝送路で接続通知を送信している段階で、隣接する通信ノード100と通信ノード101はループを形成することなく接続可能と判断する。このような箇所、ここでは伝送

路110は実線で表示する。

【0026】図6は接続可能と判断された通信ノード100と通信ノード101が、1つのノードグループ113を形成した状態を示している。もちろん、このノードグループは、バス全体を観察した時の論理的なもので、実際には各通信ノードはどの隣接する通信ノードと接続可能かという情報しか持たない。図7は通信ノード101がさらに接続可能な通信ノードを増やすため、通信ノード102と接続通知119、120の送受信を行っている状態である。1つのノードグループから送信される接続通知は1つでなくてはならない。これは、同じノードグループ内で接続を行ってループが形成される危険性をなくすためである。

【0027】図8はバス全体の通信ノード100、101、102が同一のノードグループ114を形成した状態を示している。ノードグループ114はディジーチェーン配置になっているので、この状態で論理的な接続関係を決定すればデータ転送を行うことが可能となる。これ以降もポート103かポート108から接続通知が送信されるが、同時に送信されることがないため、接続を行ってループを形成してしまうという問題は発生しない。

【0028】以下では、以上のような処理を行うための各通信ノードの制御方法について述べる。図1に各通信ノードの制御方法についての本発明の実施の形態におけるフローチャートを示す。ループ検出ステップ1は、IEEE1394の規定の物理層のステートのTree-ID Startに対応する。ここでは、バスリセット後、一定時間以上経っても物理的にケーブルと接続されているポート全て、もしくはそのうち1つを除いた全てのポートでRX_PARENT_NOTIFYと呼ばれる信号を受信しない場合、通信ノードがループ配置されていることを検知することが決められている。

【0029】ループ検出の判断ステップ6でループ検出されたかどうかを判定し、ループ検出ステップ1でループ配置が検出されない場合は、そのまま規格で定められた初期化動作を継続する（初期化フェーズ）。ループが検出された場合は、以下に述べるトポロジー修正フェーズ10に入る。トポロジー修正フェーズ10に遷移する際、各ポートの物理的な接続に基づいてセットされた接続フラグをクリアして、論理的に接続を無効にする。また、ループ検出ステップ1で物理的に接続されていながら、RX_PARENT_NOTIFYを受信しなかったポートについては、ループを構成するポートとみなし、以降トポロジー修正フェーズ10での信号のやりとりはこのポートを通じてのみ行われ、その他のポートで観測された信号は無視される。

【0030】トポロジー修正フェーズ10は、接続ステップ2、接続確認ステップ3、待機ステップ4および接続通知箇所決定ステップ5と、修正完了時間の判断ステ

ップ7および接続通知の判断ステップ8から成る。接続ステップ2は、他の通信ノードとの論理的な接続関係を構築していくステップであり、ここでは各通信ノードは、ループを構成しているポートのうちいずれか1つから接続通知(TX_CONNECT_NOTIFY)を送信する。このポートについては、複数候補がある場合、できるだけランダムに選ばれるのが望ましい。これは、接続通知を行う順番に規則性があると、双方の接続通知箇所が一致しないような無限ループに陥る可能性があるからである。そこで、例えば乱数発生手段によって与えられる乱数のモジュロ(乱数を未接続なループを構成するポート数で割った余り)をとってポートを決定する。

【0031】IEEE1394の規定のケーブル物理層では、信号はAB2組のツイストペアケーブルを伝送路としてやりとりされる。AB各組は1, 0, Z(ハイインピーダンス)の3つの状態をとり、一方の通信ノードのAポートと他方の通信ノードのBポートとが接続されるようになっている。そのため、一方の通信ノードから送信された信号は、AB反転して他方の通信ノードで受信される。

【0032】ここでいう接続通知(TX_CONNECT_NOTIFY)はA=Z, B=0のラインステートで表現することができる。接続ステップ2では、この接続通知を送信するとともに、接続通知を行っているポートでケーブルの接続によって隣接している通信ノードと接続可能であるかを接続有効(RX_CONNECT)を受信したかで判断する。接続有効(RX_CONNECT)はA=0, B=0のラインステートのことであり、接続通知を行っているポートで、隣接する通信ノードも接続通知もしくは後述する接続確認(TX_CONNECT_CONFIRM, A=0, B=0)を送信した結果観測される状態である。接続通知を行っているポートで接続有効を受信したら、その後接続ステップ2と接続確認ステップ3の間、接続確認(TX_CONNECT_CONFIRM)を送信する。そして、接続有効を受信したかしないにかかわらず、接続ステップ2から一定時間経過したら接続確認ステップ3に遷移する。

【0033】なお、接続ステップ2と接続確認ステップ3における、接続確認(TX_CONNECT_CONFIRM)の送信動作については、基本的に同じものであり、両ステップは、接続ステップ2では接続通知の送信を行い、接続確認ステップ3では接続通知を行わない点で相違するのみである。接続確認ステップ3は、各通信ノードの位相のずれによって、同一箇所の接続可能性についてその両端の通信ノードで食い違う判断が生じるのを防止するためのステップである。ここでは、直前の接続ステップ2で隣接通信ノードと接続可能と判断された場合には接続確認を送信する。これにより、接続可能と判断された隣接通信ノードが、こちらとは接続可能と

判断できないままになってしまう危険を防止している。図9に示す例では、通信ノード0が接続可能と判断して接続確認ステップ121で接続確認を送信している。なお、図9において、120は通信ノード0の接続ステップを示し、122は通信ノード0の待機ステップを示している。また、123は通信ノード1の接続ステップを示している。

【0034】直前の接続ステップ2で隣接通信ノードと接続可能と判断されなかった場合は、何も送信しない(A=Z, B=Z)。また、直前の接続ステップ2で接続通知を行っていたポートで隣接通信ノードと接続可能かの判断は引続き行っており、隣接通信ノードが接続可能と判断していながら、自らは判断できずに接続確認ステップに遷移してしまった場合でも判断ミスが生じない。図10に示す例では、接続確認ステップ125で、通信ノード1の送信している接続確認を受信して接続可能と判断している。なお、図10において、124は通信ノード0の接続ステップを示し、126は通信ノード0の待機ステップ、127は通信ノード1の接続ステップを示している。

【0035】接続確認ステップ3からは一定時間経過したら待機ステップ4へ遷移する。この遷移時に乱数発生手段によって与えられる乱数の奇偶をみることにより、次の待機ステップ4で待機する時間を長短2通りで選ぶ。待機ステップ4では、接続確認ステップ3で決められた時間待機して接続通知箇所決定ステップ5へ遷移する。ここで待機時間を複数設定するのは、次のステップで接続通知を行う通信ノードを決定する際、決定がランダムに行われるようにするためである。

【0036】接続通知箇所決定ステップ5は、接続可能な関係にあるノードグループの中から接続通知を送信する通信ノードを1つに決定するためのステップである。この接続通知箇所決定ステップ5をフローチャートを図11に示す。図11において、ステップ20で接続可能な隣接通信ノードがまだ存在しない場合は、接続通知の判断ステップ8を経由して接続ステップ2へ遷移する。

【0037】接続可能な隣接通信ノードが存在し、かつ他の通信ノードからの接続要求(RX_CONNECT_REQUEST)を受信していない場合(ステップ21)には、接続可能な関係にある隣接通信ノード全てに対して、接続要求(TX_CONNECT_REQUEST)を送信する(ステップ22)。接続要求(TX_CONNECT_REQUEST)はA=0, B=Zのラインステートで表現される。接続要求を送信した全てのポートで接続許可(RX_CONNECT_GRANT, A=0, B=1)を受信したら(ステップ23)、接続通知を行う通信ノードは送信するポートを前述のようにランダムに決定し、接続ステップ2に遷移する。

【0038】通信ノードが接続要求を送信する前に、隣接通信ノードからの接続要求を受信した(ステップ2

1) 通信ノードは、要求をリピー特するために(ステップ27)、要求を行ってきたノード以外の接続可能な隣接通信ノードに接続要求を送信する(ステップ28)。そして、接続要求を送信した全てのポートで接続許可(RX_CONNECT_GRANT)を受信したら(ステップ29)、接続要求を受信したポートから接続許可(TX_CONNECT_GRANT, A=1, B=Z)を送信してリピー特する(ステップ36)。

【0039】接続可能な隣接通信ノードが接続要求してきたものしかない場合(ステップ27)は、要求をしてきた隣接通信ノードに対して接続許可を送信する(ステップ37)。接続許可を送信した通信ノードは、待機時間を前述のように決定して待機ステップ4へ遷移する。接続許可を受信しなかった場合、接続要求を複数同時に受信したかを判断し(ステップ30)、複数受信の場合は、接続要求を行ってきた隣接通信ノードに対して、接続要求を送信し、要求の競合状態を作り出すことで、複数受信による競合を通知する(ステップ38)。そして、競合通知終了(RX_CONTENTEND_END, A=0, B=Zのラインステート)受信により(ステップ39)、再び接続要求を送信もしくはリピー特可能な状態に戻る。

【0040】複数受信しなかった場合、接続要求競合(RX_REQUEST_CONTENTEND, A=0, B=0のラインステート)を受信したかを判断し(ステップ31)、受信していなければ要求のリピー特を続け、受信した場合には接続要求の送信を停止する(ステップ32)。また、競合を接続要求の送信を開始したノードに通知するため、接続要求を行ってきた隣接通信ノードに対して、接続要求を送信し、要求の競合状態を作り出すことで、複数受信による競合を通知する(ステップ33)。そして、競合状態通知終了受信により(ステップ34)、再び接続要求を送信もしくはリピー特可能な状態に戻る。

【0041】ステップ22で接続要求を自分から始めた通信ノードが要求競合を受信した場合は(ステップ24)、競合に打ち勝つノードの決定をできるだけランダムに行うために、待機時間を乱数発生手段によって与えられる乱数の最下位ビットをみて長短2通りから選択し(ステップ25)、選択した待機時間、要求競合を受信したポートからの送信を停止する(ステップ26)。そして、待機中に接続要求を受信した場合は、競合に敗れたと判断し(ステップ27)、その他の隣接通信ノードに接続要求をリピー特する(ステップ30)。待機時間経過しても接続要求を受信しない場合は、再び接続要求を行う(ステップ22)。この待機時間の長いものと短いものとの差は、要求を行っている通信ノード間で、要求競合と接続要求をリピー特する時間の合計以上にする必要がある。これは、待機時間に長短の差が出たにもかかわらず、接続要求をリピー特している間に他方も接続

要求を開始して、競合の勝敗が決まらなくなることを避けるためである。

【0042】接続通知箇所決定ステップ5については、図12および図13のフローチャートに示すような実現方法もある。この方法は、IEEE1394の規定でルートノードを決める方法に従い、ノードグループ内での局所的なルートノードを決定し、接続通知を行う箇所の候補を持つ通信ノードが、この局所的ルートノードに対して接続要求を行い、これに対して局所的ルートノードが接続許可を行う方法である。

【0043】局所的なルートノードの決定過程は、接続通知箇所決定ステップ5で、論理的に接続されているポートが1つしかないとしてステップ50で判断した通信ノードは、隣接通信ノードに対してPARENT_NOTIFYという信号を送信する。各通信ノードはステップ51でこのPARENT_NOTIFYをいくつかのポートで受信したかをカウントし、これが論理的に接続されているポートの数から1引いたもの以上ならば、PARENT_NOTIFYを送信してきた通信ノードにCHILD_NOTIFYを送信するChild_handsakeを行って、それらが自分の局所の子ノードであることを確定する(ステップ52)。

【0044】PARENT_NOTIFYを送信してきた通信ノードがPARENT_NOTIFYの送信を停止したら、PARENT_NOTIFYをいくつかのポートで受信したかのカウントが、論理的に接続されているポートの数と同じであれば局所的ルートノードになったと判断し(ステップ53)、そうでなければParent_Handsakeのステップ54に移る。ここでは、論理的に接続されているポートでPARENT_NOTIFYを受信しなかったポートからPARENT_NOTIFYを送信し、これに対し隣接通信ノードがCHILD_NOTIFYを送信してきたら、この隣接通信ノードが局所的親ノードであると確定し、PARENT_NOTIFYの送信を停止する。隣接通信ノードもPARENT_NOTIFYを送信してきた場合(ステップ55)には乱数発生手段を用いて待機時間を選択し(ステップ70)、待機後(ステップ71)にPARENT_NOTIFYを受信したらChild_Handsakeを行って局所的ルートノードとなり、そうでなければParent_Handsakeを再試行する(ステップ72)。以上のようにして局所的ルートノードは決められる。

【0045】局所的ルートノードが決定したら、これをノードグループ内に知らせるため、局所的ルートノードはルート決定通知を送信し(ステップ73)、これを受信したノードはこれをリピー特する(ステップ58)。この後、各ノードは乱数発生手段を用いて待機時間を選択(ルートはステップ74、その他はステップ59)した後、待機(ルートはステップ75、その他はステップ

60) する。このように待機時間を乱数で選ばせるのは、接続要求時に局所的ルートノードに近い通信ノードばかりが選ばれるのを防ぐためである。

【0046】待機時間経過後は、接続要求を受信していれば(ステップ76)、局所的ルートノードは接続許可を接続要求を受信したポートから送信し(ステップ79)、それ以外の論理的に接続されたポートで接続通知箇所決定通知を送信する(ステップ81)。それ以外のノードは接続要求を局所的親ノードに対してリピートし、それ以外の論理的に接続されたポートで接続通知箇所決定通知を送信する(ステップ66)。接続要求をリピートした通信ノードが、接続許可を受信したら(ステップ67)、接続要求を行ってきた局所の子ノードに接続許可をリピートし(ステップ68)、それ以外の論理的に接続されたポートで接続通知箇所決定通知を送信する(ステップ69)。

【0047】接続通知箇所決定通知を受信した場合は全ての論理的に接続されたポートで接続通知箇所決定通知を送信する(ステップ69)。局所的ルートノードが待機時間経過後に、接続要求を受信しない場合は、接続通知を行えるポートを持つ通信ノードのうち、局所的ルートノードは接続通知箇所決定通知を受信した場合は、受信した以外の全ての論理的に接続されたポートで接続通知箇所決定通知を送信し(ステップ81)、接続ステップ2へ遷移する。それ以外の通信ノードが接続要求を受信しない場合は接続要求を局所的親ノードに対して送信し(ステップ63)、接続許可を受信したら、接続ステップ2へ、接続通知箇所決定通知を受信したら待機ステップ4へ遷移する。

【0048】局所的ルートノード以外の通信ノードが待機時間経過後に、接続要求を受信しない場合には、接続通知を行えるポートを持たない通信ノードは、接続通知箇所決定通知を受信したら(ステップ62、65)受信した以外の全ての論理的に接続されたポートで接続通知箇所決定通知を送信し(ステップ69)、待機ステップ4へ遷移する。接続通知を受信したらこれをリピートする。以上のようにして接続通知を行う通信ノードは決められる。

【0049】この後者の方法は接続要求を行う通信ノードが多数の場合、調停が高速に行われる。以上のような処理を繰り返すことにより十分な時間が経った状態では、バス上の通信ノード全てが1つのノードグループを形成していることになる。待機ステップ4では、トポロジー修正フェーズ10を開始してから時間がトポロジー修正時間を超えていれば(ステップ7)、接続に関する情報を固定して、トポロジー修正フェーズ10を終了し、通常の初期化フェーズに戻る。

【0050】IEEE1394の規定のケーブル物理層は、一般的にポート、レシーバ、トランスミッタ、ステートマシン、リンクインターフェース、乱数発生手段に

より構成されるが、以上のトポロジー修正方式は、ソフトウェア処理に頼ることなくハードロジックで構成されたステートマシンについて変更を加えるだけで、接続関係の構築が実現可能である。

【0051】ここで、ノードの接続関係を論理的に無効にすること、および接続関係を再構築するということと、現実のハードウェア構成上の配線との関係について説明する。接続関係を無効にするというのは、具体的にはステートマシンのポートの接続に関するフラグをクリアすることであり、これを再構築するというのは、必要箇所のフラグをセットしていく作業に相当する。このような処理を実現するには、ポート等のアナログ回路の変更は不要で、ステートマシンのロジックを変更するだけでよい。

【0052】以上説明したように、この実施の形態によれば、いったん接続関係を論理的に無効にして、論理的に接続関係を再構築することにより、物理的にループ配置されたバスを、ツリーもしくはディジーチェーンとして認識することで、通信可能にする効果がある。また、隣接する通信ノードとの信号のやりとりによってのみ処理が行われるため、ハードウェアのみで実現することができる。また、隣接通信ノードとの接続可能性を、双方とも接続通知を行っているかどうかで判断することにより、シリアルケーブルのように限られた情報の伝達しかできない伝送路でも実現できる。また、接続可能と判断された通信ノード同士が同一のノードグループに属し、1つのノードグループからは1ポートからしか接続通知を行わないことで、離れたノードと情報をやりとりすることなく、トポロジーが再構成される過程でループが形成されるのを防ぐことができる。また、接続通知箇所決定ステップで、まだ隣接通信ノードと接続可能でないループを形成するポートを持つループ内ノードが接続要求を送信することにより、短時間でノードグループ内で接続通知を行うノードの候補を決めることができる。また、接続通知箇所決定ステップで、先に接続要求を行った通信ノードの要求を優先して、他の隣接通信ノードにリピートすることにより、情報の多くのせられない伝送路上で、高速に要求の伝搬、調停を行うことができる。また、接続通知箇所決定ステップで、接続要求をリピートした方向の通信ノード全ての接続許可を得て、接続通知を行うことで、ルートなどを決めずに接続通知を行うノードを決定することができる。

【0053】また、接続通知箇所決定ステップで、接続要求をリピートする先のない通信ノードから接続許可を開始することで、ルートなどを決めずに、接続通知を行うノードを決定することができる。また、接続通知箇所決定ステップで、同時に接続要求をしてきた通信ノードに対して、接続要求を送信して、要求の競合状態を作り出すことにより、要求を再試行させることができる。

【0054】また、接続通知箇所決定ステップで、乱数

発生手段により、接続要求の競合の観測から、接続要求再開までの待機時間をランダムに決定することで、接続要求の調停結果の規則性をなくすことができる。また、接続通知箇所決定ステップで、選択される接続要求の競合の観測から、接続要求再開までの待機時間の差が、バス上で最も離れた通信ノード間で信号を往復してリピートさせるのに十分な時間であることにより、待機時間の選択結果が異なる場合に、確実に競合の勝敗を決定することができる。また、接続通知箇所決定ステップで、ノードグループ内での局所的なルートノードを決定することにより、多数の通信ノードからの接続要求の調停を高速に行うことができる。

【0055】また、接続ステップで、接続通知を送信するポートを、まだ接続可能な隣接通信ノードのないループを構成するポートのなかから、ランダムに決定することにより、接続通知ポートとして選ばれるポートの規則性をなくすことができる。また、待機ステップで、待機する時間を乱数発生手段を用いてランダムに決定することにより、接続通知ノードとして選ばれるノードの規則性をなくすことで、接続可能なパターンが出現しないような無限ループに陥るのを防ぐことができる。

【0056】また、隣接通信ノードと接続可能と判定されたポートから接続確認を送信し、接続確認ステップでも隣接通信ノードと接続可能かを判定することにより、各通信ノード間のクロックの位相のずれによる、接続可能性の判断の食い違いをなくすことができる。また、ループ検出時から一定時間経過後にトポロジー修正の処理を終了することにより、離れた通信ノード間で情報をやりとりすることなく処理を完了させることができる。

【0057】

【発明の効果】請求項1記載のトポロジー修正方式によれば、いったん接続関係を論理的に無効にして、論理的に接続関係を再構築することにより、物理的にループ配置されたバスを、ツリーもしくはディジーチェーンとして認識することで、通信可能にする効果がある。また、隣接する通信ノードとの信号のやりとりによってのみ処理が行われるため、ハードウェアのみで実現することができる。

【0058】請求項2記載のトポロジー修正方式によれば、隣接通信ノードとの接続可能性を、双方とも接続通知を行っているかどうかで判断することにより、シリアルケーブルのように限られた情報の伝達しかできない伝送路でも実現できる。請求項3記載のトポロジー修正方式によれば、接続可能と判断された通信ノード同士が同一のノードグループに属し、1つのノードグループからは1ポートからしか接続通知を行わないことで、離れたノードと情報をやりとりすることなく、トポロジーが再構成される過程でループが形成されるのを防ぐことができる。

【0059】請求項4記載のトポロジー修正方式によれば、

ば、接続通知箇所決定ステップで、まだ隣接通信ノードと接続可能でないループを形成するポートを持つループ内ノードが接続要求を送信することにより、短時間でノードグループ内で接続通知を行うノードの候補を決めることができる。請求項5記載のトポロジー修正方式によれば、接続通知箇所決定ステップで、先に接続要求を行った通信ノードの要求を優先して、他の隣接通信ノードにリピートすることにより、情報の多くのせられない伝送路上で、高速に要求の伝搬、調停を行うことができる。

【0060】請求項6記載のトポロジー修正方式によれば、接続通知箇所決定ステップで、接続要求をリピートした方向の通信ノード全ての接続許可を得て、接続通知を行うことで、ルートなどを決めずに接続通知を行うノードを決定することができる。請求項7記載のトポロジー修正方式によれば、接続通知箇所決定ステップで、接続要求をリピートする先のない通信ノードから接続許可を開始することで、ルートなどを決めずに、接続通知を行うノードを決定することができる。

【0061】請求項8記載のトポロジー修正方式によれば、接続通知箇所決定ステップで、同時に接続要求をしてきた通信ノードに対して、接続要求を送信して、要求の競合状態を作り出すことにより、要求を再試行させることができる。請求項9記載のトポロジー修正方式によれば、接続通知箇所決定ステップで、乱数発生手段により、接続要求の競合の観測から、接続要求再開までの待機時間をランダムに決定することで、接続要求の調停結果の規則性をなくすことができる。

【0062】請求項10記載のトポロジー修正方式によれば、接続通知箇所決定ステップで、選択される接続要求の競合の観測から、接続要求再開までの待機時間の差が、バス上で最も離れた通信ノード間で信号を往復してリピートさせるのに十分な時間であることにより、待機時間の選択結果が異なる場合に、確実に競合の勝敗を決定することができる。

【0063】請求項11記載のトポロジー修正方式によれば、接続通知箇所決定ステップで、ノードグループ内での局所的なルートノードを決定することにより、多数の通信ノードからの接続要求の調停を高速に行うことができる。請求項12記載のトポロジー修正方式によれば、接続ステップで、接続通知を送信するポートを、まだ接続可能な隣接通信ノードのないループを構成するポートのなかから、ランダムに決定することにより、接続通知ポートとして選ばれるポートの規則性をなくすことができる。

【0064】請求項13記載のトポロジー修正方式によれば、待機ステップで、待機する時間を乱数発生手段を用いてランダムに決定することにより、接続通知ノードとして選ばれるノードの規則性をなくすことで、接続可能なパターンが出現しないような無限ループに陥るのを

10

20

30

40

50

防ぐことができる。請求項 1 4 記載のトポロジー修正方式によれば、隣接通信ノードと接続可能と判定されたポートから接続確認を送信し、接続確認ステップでも隣接通信ノードと接続可能かを判定することにより、各通信ノード間のクロックの位相のずれによる、接続可能性の判断の食い違いをなくすることができる。

【0065】請求項 1 5 記載のトポロジー修正方式によれば、ループ検出時から一定時間経過後にトポロジー修正の処理を終了することにより、離れた通信ノード間で情報をやりとりすることなく処理を完了させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施の形態のトポロジー修正方式を説明するためのフローチャートである。

【図 2】通信ノードがループ配置されている状態を示す概略図である。

【図 3】通信ノード間の論理的な接続が無効になった状態を示す概略図である。

【図 4】接続通知が送信されている状態を示す概略図である。

【図 5】接続通知によって接続可能と判断された状態を示す概略図である。

【図 6】接続可能と判断された通信ノード同士がノードグループを形成する状態を示す概略図である。

【図 7】ノードグループが構成要素を増やしていく状態を示す概略図である。

10

* 【図 8】バス全体が 1 つのノードグループとなった状態を示す概略図である。

【図 9】通信ノード 0 が先に接続可能と判断した場合を示す模式図である。

【図 10】通信ノード 1 が先に接続可能と判断した場合を示す模式図である。

【図 11】局所的ルートノードを決定しない方法による接続通知箇所決定ステップの具体例を示すフローチャートである。

【図 12】局所的ルートノードを決定する方法による接続通知箇所決定ステップの具体例の上半分を示すフローチャートである。

【図 13】局所的ルートノードを決定する方法による接続通知箇所決定ステップの具体例の下半分を示すフローチャートである。

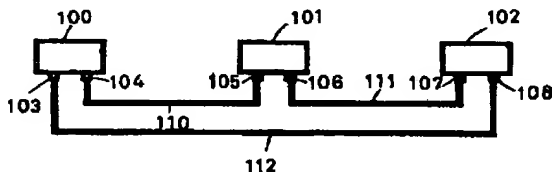
【符号の説明】

- 1 ループ検出ステップ
- 2 接続ステップ
- 3 接続確認ステップ
- 4 待機ステップ
- 5 接続通知箇所決定ステップ
- 100～102 通信ノード
- 103～108 ポート
- 110～112 伝送路
- 113, 114 ノードグループ
- 115～119 接続通知

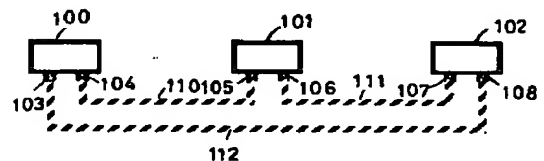
20

*

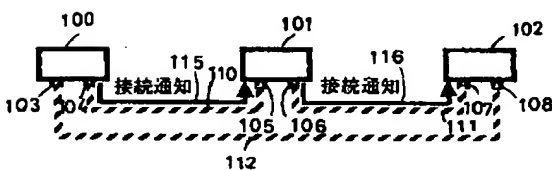
【図 2】



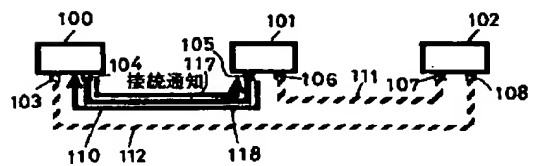
【図 3】



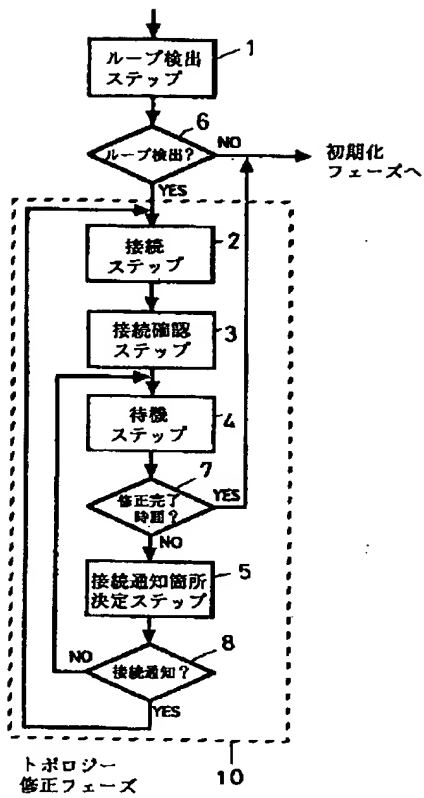
【図 4】



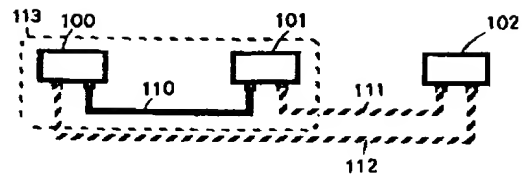
【図 5】



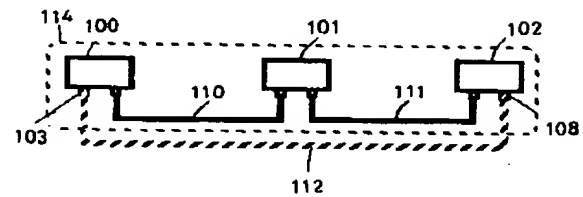
【図 1】



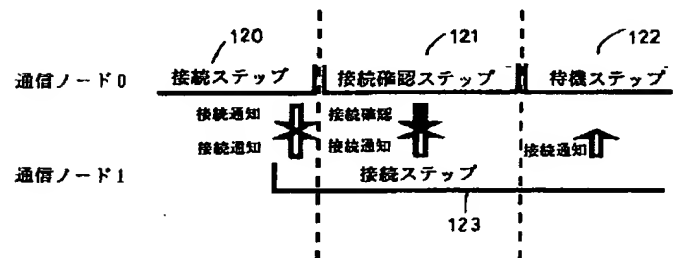
【図 6】



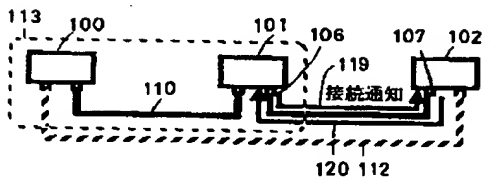
【図 8】



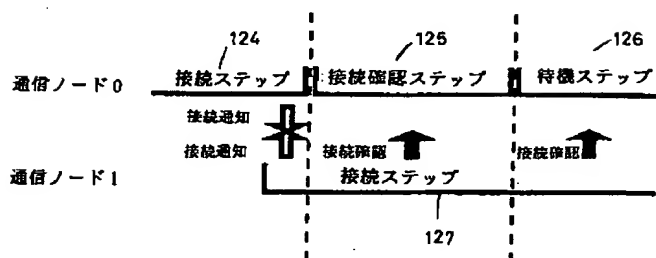
【図 9】



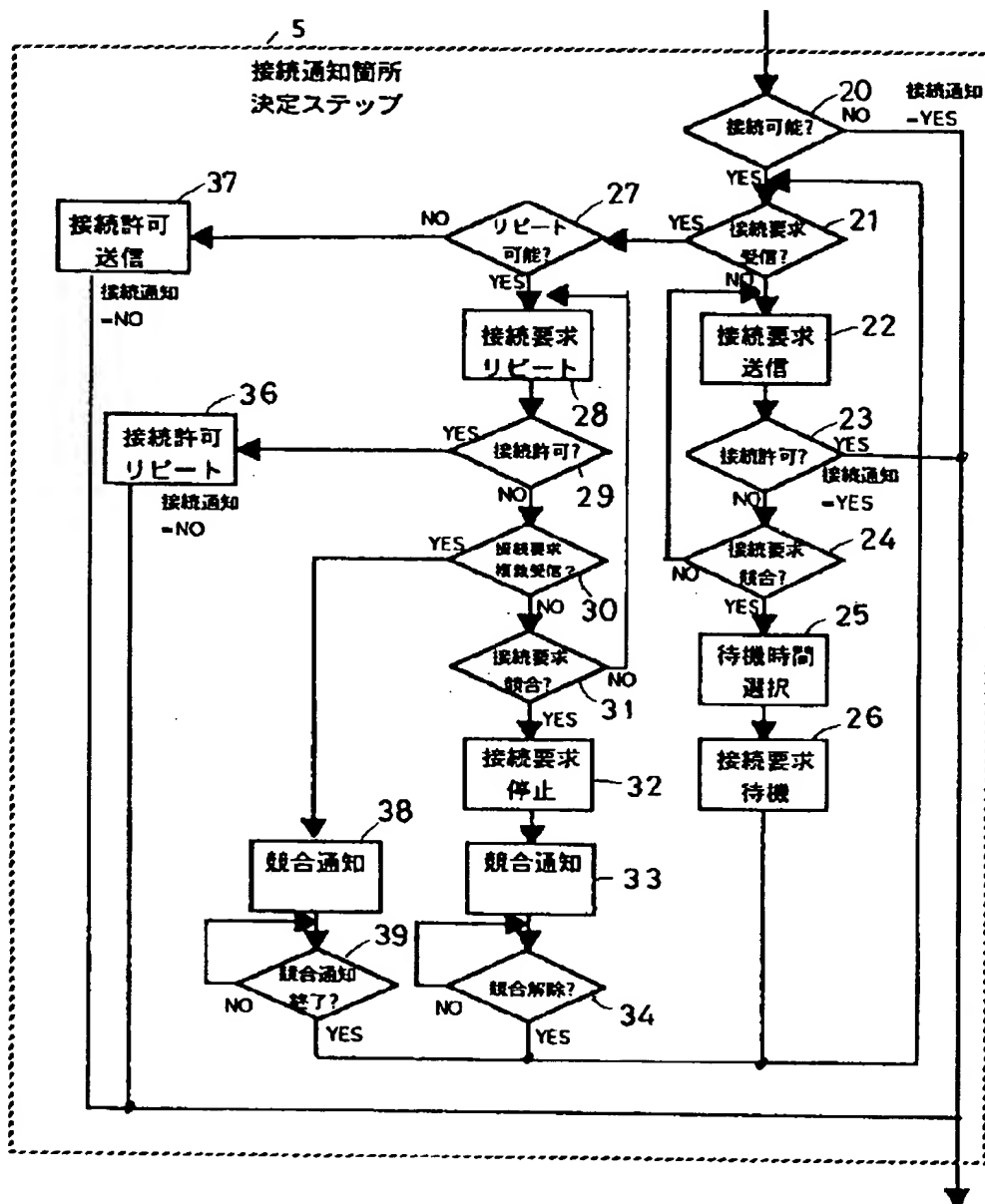
【図 7】



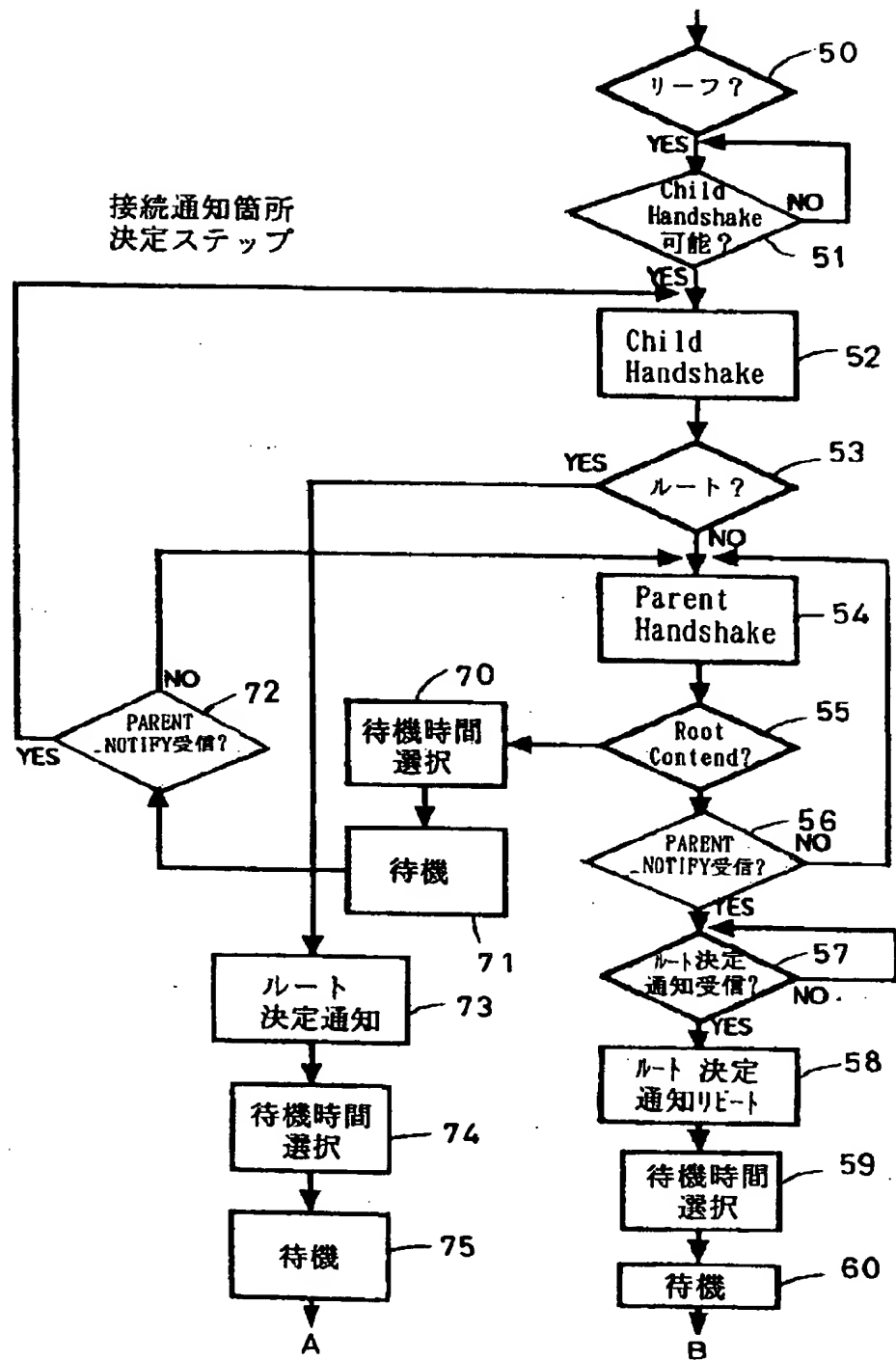
【図 10】



【图 1 1】



【図 12】



【図13】

